

# **DESAIN MESIN PENCACAH BOTOL PLASTIK MENGGUNAKAN TENAGA SURYA**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Progam Studi Strata I

pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh:

**MUHTAR YAHYA**

**D 400120051**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**DESAIN MESIN PENCACAH BOTOL PLASTIK MENGGUNAKAN  
TENAGA SURYA**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh:

**MUHTAR YAHYA**

**D 400 120 051**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



**Hasyim Asy'ari, ST., MT**

**NIP.981**

## **HALAMAN PENGESAHAN**

### **DESAIN MESIN PENCACAH BOTOL PLASTIK MENGGUNAKAN TENAGA SURYA**

**OLEH**

**MUHTAR YAHYA**

**D 400 120 051**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji**

**Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Pada hari Senin, 20 Maret 2017**

**Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

1. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T.  
( Ketua Dewan Penguji )
2. Ir. Jatmiko, M.T.  
( Anggota I Dewan Penguji )
3. Agus Supardi, S.T., M.T.  
( Anggota II Dewan Penguji )

(.....)

(.....)

(.....)

**Dekan,**

  
**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.**  
**NIK/NIDN:0630126302**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, <sup>30 Januari</sup>.....2017

Penulis

  
**MUHTAR YAHYA**  
**D 400 120 051**

# **DESAIN MESIN PENCACAH BOTOL PLASTIK MENGGUNAKAN TENAGA SURYA**

## **Abstrak**

Sampah adalah material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses yang cenderung merusak lingkungan masyarakat. Sampah merupakan salah satu dari sekian banyak masalah sosial yang dihadapi masyarakat. Adapun jenis sampah yaitu organik dan anorganik, sampah organik biasanya dapat diuraikan melalui proses alami, berbeda dengan sampah anorganik yang waktu penguraianya terhitung lama, seperti contoh sampah botol plastik. Untuk mengatasi masalah sampah, diperlukan sebuah teknologi mengolah sampah itu sendiri. Beberapa kajian sudah dilakukan, berupa pembuatan mesin pencacah botol plastik menggunakan energi listrik. Teknologi ini memerlukan biaya operasional untuk energi listrik sendiri. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mendesain mesin pencacah botol plastik menggunakan tenaga surya. Energi sinar matahari diubah atau dikonversi oleh panel surya menjadi energi listrik, energi listrik ini digunakan untuk suplay motor DC. Adapun metode penelitian ini adalah mendesain mesin pencacah botol plastik menggunakan tenaga surya dengan 15 mata pisau berputar dan 2 tetap yang ditempelkan pada cover. Kemudian menggunakan motor DC 24 volt 19 ampere, 2 buah panel surya yang kapasitas masing-masing adalah 100Wp, kemudian penggunaan gear box menggunakan rantai sehingga Rpm yang diharapkan cukup besar. Hasil dari penelitian ini, mesin dapat bekerja mencacah 1 buah botol dengan waktu kurang dari 5 menit. Perjamnya mesin mampu mencacah kurang lebih sebanyak 14 botol plastik dan ukuran bijih plastik yang dihasilkan sekitar 1 sampai 2 cm. Mesin pencacah botol plastik ini dapat bekerja dari jam 10.00 sampai 14.00 dan pada saat jam 11.00 sampai 13.00 mesin dapat bekerja dengan optimal. Karna ukuran mesin ini bukan ukuran untuk industri jadi banyak kekurangan dalam mencacah dan dalam bekerjanya botol plastik tersebut dimasukan secara bertahap. Kemampuan mesin pencacah ini tergantung oleh intensitas cahaya matahari, asap, debu, uap air dan kecepatan angin. Perolehan hasil pada saat intensitas cahaya matahari terendah diperoleh tegangan 9,7 volt dan arus 5,46 ampere dan mesin dapat bekerja, pada kondisi tertinggi intensitas cahaya memperoleh 19,1 volt dan arus 6,23 ampere dan mesin dapat bekerja optimal. Dalam bekerja mesin dapat mencacah 1 botol volume 600 ml dengan waktu kurang dari 4,5 menit/botol pada jam 11.00. Mesin pencacah diperlukan pengaplikasian dalam skala besar agar dapat bekerja dengan baik dan efektif.

**Kata Kunci:** botol plastik, energi alternatif, energi matahari, motor DC, panel surya

## Abstract

Garbage is unwanted residual material after the end of a process that tends to destroy society. Trash is one of the many social problems faced by the community. As for the types of waste that is both organic and inorganic, organic waste can usually be explained through natural processes, in contrast to inorganic waste countless long time decoder, such as plastic bottles litter example. To solve the problem of waste, required a technology to process waste itself. Several studies have been done, such as the manufacture of plastic bottles thrasher using electrical energy. This technology requires operating costs for electrical energy alone. For this study aims to design thrasher plastic bottles using solar power. Sunlight energy is converted or converted by the solar panels into electrical energy, electrical energy is used to supply a DC motor. The method of this research is to design thrasher plastic bottles using solar power with 15 rotating blades and 2 remain attached to the cover. Then use a 24-volt DC motor 19 amperes, two solar panels that capacity 100Wp respectively, then the use of the gear box using a chain so that it is big enough Rpm. The results of this study, the machine can work counts 1 bottles with less than 5 minutes. Hourly machine is capable of chopping of approximately 14 plastic bottles and plastic produced ore size of about 1 to 2 cm. Thrasher plastic bottles can work from 10:00 to 14:00 and at 11:00 until 13:00 the machine can work optimally. Because the size of this machine is not a measure for the industry so many shortcomings in the operation of chopping and plastic bottles are inserted gradually. The ability of a thrasher depends by the intensity of sunlight, smoke, dust, moisture and wind speed. Obtaining the results at the time of low light intensity obtained voltage of 9.7 volts and a current of 5.46 amperes and the machine can work, in conditions of high light intensity gain of 19.1 volts and a current of 6.23 amperes and the machine can work optimally. In working machine can be chopped 1 bottle of 600 ml volume with less than 4.5 minutes / bottle at 11:00. Thrasher necessary application on a large scale in order to work properly and effectively.

**Keywords:** plastic bottles, energy alternatives, solar energy, DC motor, solar panel

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan plastik saat ini dalam kehidupan manusia semakin lama semakin meningkat. Plastik yang dikonsumsi masyarakat Indonesia saat ini mencapai 1,5 juta ton atau tujuh kilogram perkapita termasuk jenis sampah yang tidak bisa dilebur dalam tanah (Harapan, 2001). Pemanfaatan plastik dalam masyarakat saat ini terjadi karena plastik praktis, ringan, ekonomis dan dapat mengganti fungsi dari barang lain. Sifat praktis dan ekonomis ini menyebabkan plastik sering digunakan masyarakat sebagai barang sekali pakai, sehingga menyebabkan banyak sampah-sampah plastik. Hal ini yang menyebabkan jumlah penggunaan plastik meningkat terus menerus dan menyebabkan masalah lingkungan yang amat serius.

Sampah plastik merupakan masalah yang sangat serius bagi lingkungan, dikarenakan plastik merupakan bahan yang sulit terurai oleh bakteri. Dan memerlukan waktu puluhan bahkan ratusan tahun plastik terurai secara alami. Untuk itu diperlukan upaya pemanfaatan sampah plastik sebagai bahan daur ulang agar berkurangnya jumlah sampah yang telah ada.

Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup (KHL), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189ribu ton

sampah/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik/hari (Fahlevi, 2012). Walaupun plastik sebagai limbah yang menimbulkan dampak negative terhadap lingkungan, namun plastik dapat didaur ulang (*Recycle*) sehingga dimungkinkan penggunaannya menjadi produk lain (Laurence, 1994).

Secara umum agar limbah plastik dapat diproses oleh suatu industri, antara lain limbah harus dalam bentuk tertentu seperti butiran, biji, serbuk dan pecahan (Newman, 1990). Industri plastik telah mengembangkan jauh sejak penemuan berbagai rute untuk produksi polimer dari sumber petrokimia. Plastik memiliki manfaat besar, daya tahan dan biaya yang lebih rendah dibanding dengan berbagai jenis lainnya (Andrady, 2009). Saat ini plastik hampir sepenuhnya berasal dari petrokimia yang dihasilkan dari minyak fosil dan gas. Sekitar 4 persen dari produksi minyak tahunan diubah langsung ke plastik dari petrokimia bahan baku (Federation, 2008). Sebagai pembuatan plastik juga membutuhkan energi, produksi bertanggung jawab untuk konsumsi kuantitas tambahan sejenis dengan bahan bakar fosil. Namun, dapat juga dikatakan bahwa penggunaan plastik ringan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, misalnya dalam aplikasi transportasi ketika plastik menggantikan bahan konvensional yang lebih berat seperti baja (Thompson, 2009).

Daur ulang adalah salah satu energi pengolahan sampah non organik. Daur ulang jelas strategi pengolahan limbah, tetapi juga dapat dilihat sebagai salah satu contoh saat menerapkan konsep ekologi industri, sedangkan dalam ekosistem alami tidak ada limbah tetapi hanya produk (Frosch, 1989). Dalam daur ulang sampah plastik yang tadinya tak diperdulikan keefisien dapat disulap menjadi sampah yang bernilai tinggi. Dalam upaya pemanfaatan sampah plastik sebagai daur ulang, maka diperlukan penciptaan sebuah alat atau mesin pencacah yang dioperasikan oleh sebuah motor DC yang menggunakan tenaga surya. Secara hal ekonomis dalam memanfaatkan energi surya tidak banyak membebani karena hanya membutuhkan biaya lebih sedikit dibandingkan energi lainnya (Ramos, 2009). Selain itu keuntungan menggunakan sel surya dalam hal operasi dan pemeliharaannya cukup mudah (Meah, 2008). Manfaat mendaur ulang sampah plastik ini amatlah banyak diantaranya menyebabkan berkurangnya sampah plastik pada lingkungan dan sampah yang telah didaur ulang mempunyai harga jual lebih tinggi. Oleh karena itu penulis mencoba merencanakan dan membuat desain alat pencacah botol plastic menggunakan tenaga surya yang ramah lingkungan dan pastinya bermanfaat.

### **1.1 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang dirumuskan dalam pengajuan untuk perancangan ini adalah bagaimana mendesain mesin pencacah botol plastik menggunakan tenaga surya.

### **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah merancang mesin pencacah botol plastik menggunakan tenaga surya.

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Diharapkan dapat menambah pengembangan ilmu pengetahuan tentang sistem tenaga listrik yang bersumber dari panel surya.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan desain mesin pencacah botol plastik menggunakan tenaga surya.
3. Dapat menerapkan panel surya secara sentralisasi (PLTS ditetapkan disuatu area dan listrik yang dihasilkan disalurkan melalui jaringan distribusi ketempat-tempat yang membutuhkan) maupun desentralisasi (setiap sistem berdiri sendiri/individual, tidak memerlukan jaringan distribusi).
4. Mengetahui dalam hal pengendalian kecepatan motor DC yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya.

## **2. METODE**

Penelitian dengan judul desain mesin pencacah botol plastik menggunakan tenaga surya ini dapat diselesaikan dalam jangka 4 bulan. Penelitian dilakukan dengan langkah konsultasi dengan dosen pembimbing, studi literature, membuat desain kerangka, pencarian komponen mesin, perakitan alat, pengujian alat dan menyusun laporan.

### **2.1 Metode Literature**

Merupakan proses mencari referensi-referensi yang berhubungan sesuai penelitian sebagai penunjang sebuah penelitian. Sumber informasi diperoleh dari artikel publikasi, buku, skripsi, dan karya-karya ilmiah lainnya.

### **2.2 Pengumpulan Data**

Data diperoleh dengan cara pengukuran tegangan panel surya dan aliran arus pada sistem. Pengambilan data dilakukan pada 3 hari.



### 2.3 Pengolahan Data

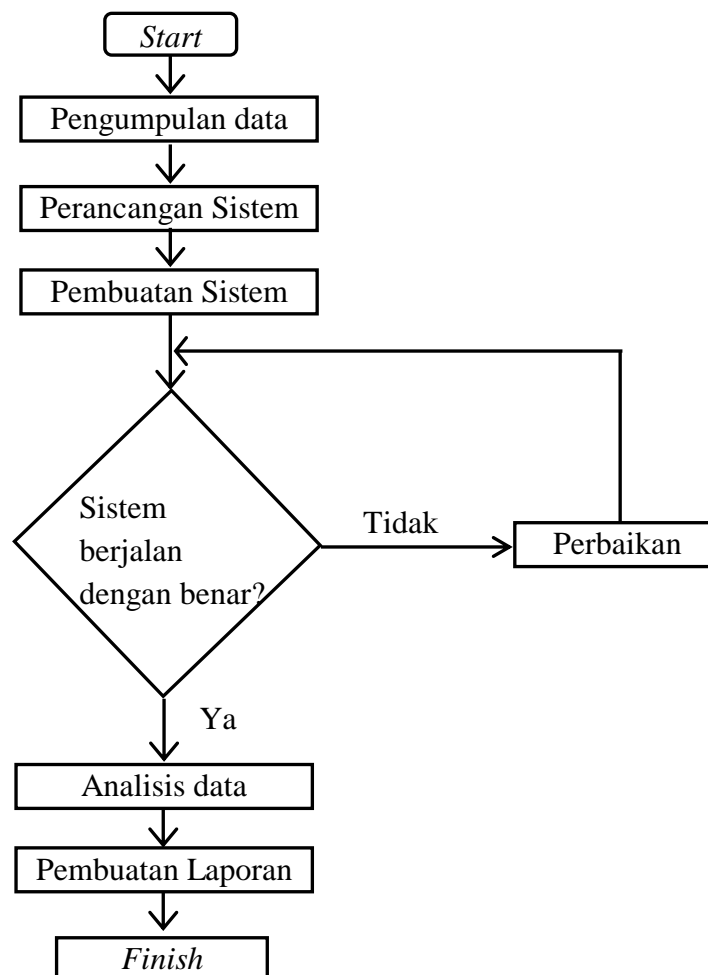
Proses pengolahan data yang diperoleh dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Mencatat data yang diperoleh pada saat penelitian
2. Membuat tabel penelitian
3. Memasukan data pada tabel
4. Menganalisa hasil penelitian
5. Memberi hipotesa

### 2.4 Alat dan Bahan

1. 2 buah panel surya yang masing-masing 100WP untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik
2. Mesin pisau pencacah
3. Motor DC tipe permanent magnet 24V
4. Multimeter digital
5. Kabel
6. Solder, timah, plester

### 2.5 Alur penelitian



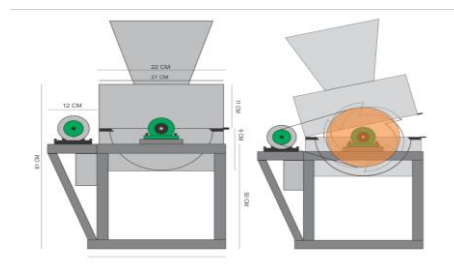
Gambar 1. Blok diagram alur penelitian

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data terlebih dahulu guna mencari referensi untuk membuat bagaimana perancangan desain mesin pencacah botol plastik menggunakan tenaga surya, setelah mendapatkan data langkah selanjutnya adalah merancang sistem yang dilanjutkan pembuatan sistem. Ketika sistem tidak berjalan dengan benar maka dilakukan kembali perbaikan dan apabila sistem sudah berjalan dengan benar maka selanjutnya dilakukan analisa data yang diperoleh, dilanjutkan pembuatan laporan dan penelitian selesai.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1. Desain mesin pencacah botol plastik**

Dari hasil data yang telah dikumpulkan dari berbagai sumber maka dapat desain mesin pencacah dengan menggunakan corel draw dan diaplikasikan langsung untuk dibuat mesin pencacah gambar 2, kerangka mesin gambar 3, 2 buah panel surya gambar 4, poros tengah untuk tempat pisau gambar 5, dan motor DC gambar 6.



Gambar 2. Desain dari corel draw



Gambar 3. Kerangka mesin



Gambar 4. 2 buah panel surya



Gambar 5. Poros pisau



Gambar 6. Motor DC

### 3.2. Hasil pengukuran tegangan dan arus

Hasil pengukuran tegangan dan arus dengan alat ukur *Multimeter* digital pada setiap waktu menunjukkan hasil yang berbeda walaupun tempat yang sama. Pengujian dilakukan pada 1 panel surya, 2 panel surya dan energi listrik PLN.

Tabel 1. Nilai Tegangan, Arus, 1 Panel Surya

Waktu	Vtb (volt)	I (ampere)
10.00	17,2	6,02
11.00	17,3	5,99
12.00	17,5	6,21
13.00	16,8	5,57
14.00	16,5	5,46

Tabel 2. Nilai Tegangan, Arus, 2 Panel Surya

Waktu	Vtb (volt)	I (ampere)
10.00	19	6,36
11.00	19	6,35
12.00	19,1	6,23
13.00	18,7	6,12
14.00	19	6,17

Tabel 3. Nilai Tegangan, Arus, Tenaga PLN

Waktu	Vtb (volt)	I (ampere)
10.00	19	4,5
11.00	19	4,5
12.00	19	4,5
13.00	19	4,5
14.00	19	4,5

Hasil pengukuran 1 botol volume 600 ml/menit pada tabel 1, 2 dan 3 dapat dianalisa perolehan tegangan input motor tanpa beban (Vtb) dan arus (I). Diperoleh perbedaan tegangan dan arus pada setiap waktu.

### 3.3. HASIL PENGUJIAN

Tabel 4. Hasil Pengukuran Menggunakan 1 Panel Surya

Waktu	Vtb (volt)	Vb (volt)	I (ampere)	Q (1botol/menit)
10.00	17,2	10,2	6,02	4,57
11.00	17,3	10,1	5,99	4,58
12.00	17,5	10,3	6,21	4,39
13.00	16,8	9,8	6,12	5,56
14.00	16,5	9,7	6,17	5,59

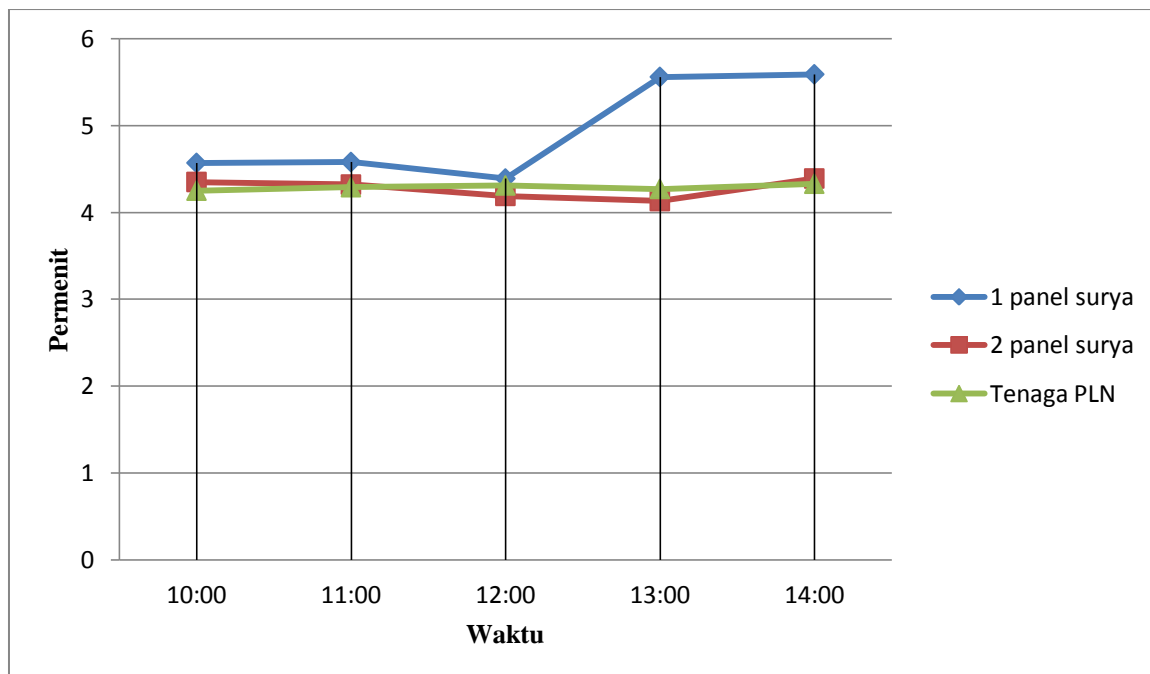
Tabel 5. Hasil Pengukuran Menggunakan 2 Panel Surya

Waktu	Vtb (volt)	Vb (volt)	I (ampere)	Q (1botol/menit)
10.00	19	11,8	6,36	4,35
11.00	19	11,9	6,35	4,32
12.00	19,1	11,5	6,23	4,19
13.00	18,7	11,1	6,12	4,23
14.00	19	11,6	6,17	4,39

Tabel 6. Hasil Pengukuran Menggunakan Tenaga PLN

Waktu	Vtb (volt)	Vb (volt)	I (ampere)	Q (1botol/menit)
10.00	19	11,6	4,5	4,25
11.00	19	11,4	4,5	4,29
12.00	19	11,6	4,5	4,31
13.00	19	11,6	4,5	4,27
14.00	19	11,5	4,5	4,33

Hasil dari pengukuran yang diperoleh dari 3 percobaan. Pada tabel 4 dapat dianalisa kondisi terendah tegangan adalah 16,5 volt dengan arus 6,17 ampere pada jam 14.00. Beroperasi pada botol dengan volume 600 ml mampu dicacah dengan ukuran 1-2 cm selama 5,59 menit. Pada kondisi tertinggi tegangan yang diperoleh adalah 17,5 volt dengan arus 6,21 ampere pada jam 12.00. Beroprasi pada botol dengan volume 600 ml mampu dicacah dengan ukuran 1-2 cm selama 4,39 menit. Pada tabel 5 dapat dianalisa kondisi terendah tegangan adalah 18,7 dengan arus 6,12 ampere pada jam 13.00. Beroperasi pada botol dengan volume 600 ml mampu dicacah dengan ukuran 1-2 cm selama 4,23 menit. Pada kondisi tertinggi tegangan yang diperoleh adalah 19,1 volt dengan arus 6,23 ampere pada jam 12.00. Beroperasi pada botol dengan volume 600 ml mampu dicacah dengan ukuran 1-2 cm selama 4,19 menit. Pada tabel 6 dapat dianalisa kondisi stabil dengan tegangan 19 volt dengan arus 4,5 ampere pada jam 10.00-14.00. Beroperasi pada botol dengan volume 600 ml mampu dicacah dengan ukuran 1-2 cm selama 4,25-4,33 menit. Dari hasil tabel 4, 5 dan 6 maka didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 7. Grafik pengukuran saat penelitian

Hasil pengukuran 1 botol volume 600 ml pada 1 panel mengalami peningkatan lama pencacahan dari jam 12.00 sampai 14.00 keadaan maksimal 5,59 menit /1 botol plastic terjadi pada jam 14.00 dan keadaan minimal 4,39 menit /1 botol plastic waktu pencacahan terjadi pada jam 12.00. Percobaan dengan 2 panel keadaan maksimal 4,39 menit /1 botol plastic terjadi pada jam 14.00 dan keadaan minimal 4,19 menit /1 botol plastic waktu pencacahan

terjadi pada jam 12.00. Dan percobaan dengan tenaga Pln keadaan maksimal 4,33 menit/1 botol plastic terjadi pada jam 14.00 dan keadaan minimal 4,25 menit/1 botol plastic waktu mencacah terjadi pada jam 10.00. Dari hasil penelitian, hasil yang paling optimal adalah menggunakan 2 panel surya ditunjukkan dengan 1 botol plastik volume 600 ml mampu dicacah dengan durasi 4,19 menit. Kemudian urutan kinerja yang ke 2 adalah menggunakan Energi dari PLN ditunjukkan dengan 1 botol plastik volume 600 ml mampu dicacah dengan durasi 4,25 menit. Dan kinerja terakhir menggunakan 1 panel surya karena membutuhkan durasi lebih lama untuk mencacah 1 botol plastik volume 600 ml yaitu dengan waktu 5,59 menit.

#### **4. PENUTUP**

Berdasarkan uraian hasil pengujian pengukuran dan analisa alat mesin pencacah botol plastik dapat disimpulkan sebagai berikut :

Perolehan data pada saat kondisi terendah memperoleh tegangan sebesar 16,5 volt, arus 6,17 ampere terjadi pada jam 14.00 pada percobaan dengan 1 panel dan pada kondisi tertinggi memperoleh 19,1 volt, arus 6,23 ampere terjadi pada jam 12.00 pada percobaan menggunakan 2 panel surya.

Desain mesin pencacah botol plastik menggunakan tenaga surya ini pemakaiannya menggunakan cahaya matahari secara langsung, sehingga alat ini sangat tergantung pada kondisi cahaya, cuaca, debu, asap, air dan kecepatan angin. Pada saat alat digunakan, mesin pencacah botol plastik ini belum dilengkapi dengan sumber tenaga cadangan.

Mesin pencacah botol plastik ini bisa disimpulkan dapat bekerja dengan baik dan berjalan dengan lancar, serta bisa diterapkan dimasyarakat tetapi perlu banyak perbaikan khususnya mesin perlu dibuat dengan skala besar dan tentunya menambah panel surya.

#### **PERSANTUNAN**

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan ridho-Nya, serta sholawat kepada Nabi Muhammad SAW sehingga pembuatan laporan Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Kesempatan kali ini penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan tugas akhir ini, sebagai berikut :

1. Bapak Hasyim Asy'ari, ST., MT selaku dosen pembimbing
2. Kedua orang tua penulis yang telah mendoakan memberi semangat dan membantu baik moril maupun materi

3. Semua dosen-dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu kepada penulis
4. Semua sahabat-sahabat mahasiswa khususnya mahasiswa Teknik Elektro yang ikut serta membantu dalam proses pembuatan alat serta laporan ini

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrady A. L., Neal M. A. 2009 Applications and societal benefits of plastics. Phil. Trans. R. Soc. B 364, 1977–1984. (doi:10.1098/rstb.2008.0304)Abstract/FREE Full TextGoogle Scholar
- British Plastics Federation 2008. Oil consumption See [http://www.bpf.co.uk/Oil\\_Consumption.aspx](http://www.bpf.co.uk/Oil_Consumption.aspx) (20 October 2008).Google Scholar
- Frosch R., Gallopoulos N. 1989 Strategies for manufacturing. Sci. Am. 261, 144–152
- Meah, Kala., Ula, Sadrul., Barret, Steven. (2008). *Solar photovoltaic water pumping—opportunities and challenges*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 12(4): 1162-1175
- Newman. G, 1990. Engineering Economic ,Analysis, Third Edition, Binarupa Aksara, Engineering Pres, Inc.
- Pahlevi, M.R., 2012, Sampah Plastik, (file:///I:/Artikel%20plastic%20to%20oil/twit-sampah-plastik.html)
- Ramos, J.S., Ramos, H.M. (2019). *Solar powered pumps to supply water for rural or isolated zones: A case study*. Energy for Sustainable Development. 13(3): 151-158 Sinar Harapan, 2001
- Thompson R. C., Moore C. J., vom Saal F. S., Swan S. H. 2009b Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. Phil. Trans. R. Soc. B 364, 2153–2166. (doi:10.1098/rstb.2009.0053)
- Van Vlack Laurence, 1994, Ilmu dan Teknologi, Bahan, Jakarta Penerbit Erlangga